



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 33 197 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 01 L 21/306
H 01 L 21/68
B 08 B 3/12

②1 Aktenzeichen: 198 33 197.5
②2 Anmeldetag: 23. 7. 98
④3 Offenlegungstag: 18. 2. 99

③0 Unionspriorität:
P 9-224354 05. 08. 97 JP
⑦1 Anmelder:
Tokyo Electron Ltd., Tokio/Tokyo, JP
⑦4 Vertreter:
GRAMM, LINS & PARTNER, 38122 Braunschweig

⑦2 Erfinder:
Taniyama, Hiroki, Tosu, Saga, JP

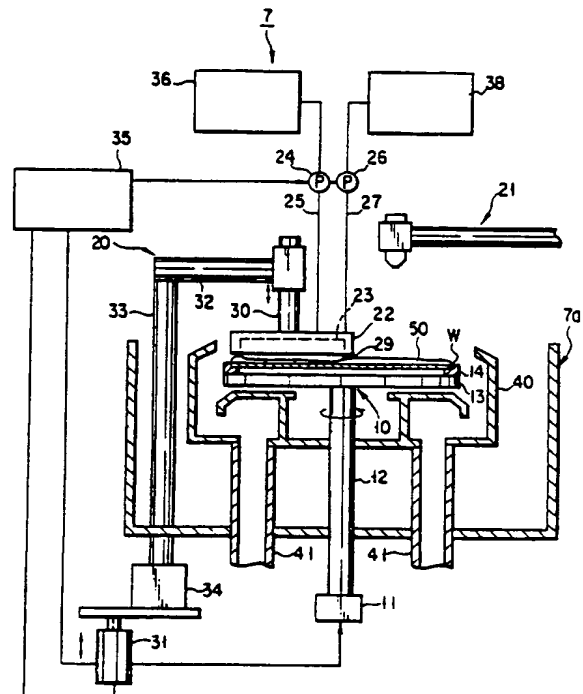
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum Waschen eines Substrates

⑤7 Eine Substratwaschvorrichtung weist folgende Merkmale auf:

- einen Drehhalter (10) zum Halten und Drehen eines Substrats,
- eine Zuführeinrichtung (20) für eine Prozeßlösung mit einem Auslaß (28, 28A), durch den die Prozeßlösung auf das durch den Drehhalter in Drehung versetzte Substrat geleitet wird, um so einen Film der Prozeßlösung auszubilden,
- einen Ultraschalloszillator (23) zur Ausübung einer Ultraschallvibration auf den Film der Prozeßlösung,
- eine Antriebseinrichtung (31, 34) zur relativen Bewegung des Ultraschalloszillators und des Drehhalters zur Justierung der relativen Positionen von Ultraschalloszillator und Substrat zueinander und
- eine Steuerung (35) zur Steuerung des Drehhalters (10), der Zuführeinrichtung (20) für die Prozeßlösung, des Ultraschalloszillators (23) und des Antriebs zur relativen Bewegung so, daß der Ultraschall schallt, der sich über im wesentlichen in n Radius des Substrats erstreckt, in Kontakt mit dem Film der Prozeßlösung, jedoch nicht in Kontakt mit dem Substrat, kommt und zur Einstellung eines optimierten Verhältnisses zwischen Spalt (G) zwischen dem Ultraschalloszillator (23) und dem Substrat, einer Zuführmenge (Q) der Prozeßlösung und einer Rotationsgeschwindigkeit (V) des Substrats.



DE 198 33 197 A 1

DE 198 33 197 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Waschen der Oberfläche eines Substrats, wie beispielsweise eines Halbleiterwafers oder eines Glassubstrats für ein LCD-Element.

Bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen wird ein Waschsystem verwendet, um Kontaminationen, wie Partikel, organische Verunreinigungen und metallische Verunreinigungen zu entfernen, die an der Oberfläche eines Halbleiterwafers anhaften. In dem Waschsystem werden Halbleiterwafer einzeln durch einen Drehhalter gehalten und mit verschiedenen chemischen Lösungen gewaschen, während der Wafer rotiert. Anschließend folgt eine Spülung mit reinem Wasser und dann ein Trocknen durch Anblasen mit Gas.

Für ein Waferwaschsystem dieser Art ist ein sogenanntes "Megaschall"-Waschen vorgeschlagen worden, also die Anwendung von Ultraschallwellen im Megahertz-Bereich. Dabei sollen Ultraschallschwingungen auf eine chemische Lösung einwirken, um die Waschfähigkeit der chemischen Lösung zu verbessern. Ein "Megaschall"-Waschen wird beispielsweise in der japanischen veröffentlichten Patentanmeldung Nr. 61-16528 offenbart, in der die Anwendung einer Ultraschallschwingung im Megahertz-Bereich auf eine chemische Lösung vorgeschlagen wird, die von einer Düse versprüht wird. Bei dem bekannten "Megaschall"-Waschen wird jedoch die Ultraschallschwingung in der chemischen Lösung bedämpft, bevor die von der Düse versprühte Lösung den Wafer erreicht, so daß keine ausreichende Verbesserung der Waschfähigkeit der chemischen Lösung erzielt wird. Zu beachten ist ferner, daß in der chemischen Lösung Blasen entstehen können. Wenn diese Blasen sich innerhalb der Düse aufhalten, werden Ultraschallwellen nicht mehr auf die Substratoberfläche übertragen, so daß kein ausreichendes Waschergebnis für die Substratoberfläche erzielt wird.

Bei der in der genannten japanischen Offenlegungsschrift offenbarten Vorrichtung wird eine Düse über die Oberfläche des Wafers gescannt, um so eine chemische Lösung gleichmäßig über die gesamte Oberfläche des Wafers aufzubringen. Dabei werden die Ultraschallwellen jedoch nur für eine kurze Zeit von der scannenden Düse auf die Waferoberfläche übertragen, wodurch es einem geringen Wirkungsgrad für die Waschbehandlung kommt. Ferner ist zu beachten, daß mit der bekannten Vorrichtung große Mengen einer chemischen Lösung benötigt werden, um die gesamte Oberfläche des Wafers ausreichend zu waschen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Problemstellung zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Waschen eines Substrats anzugeben, die ein gleichmäßiges Waschen der Substratoberfläche und eine Erhöhung des Wirkungsgrades der Waschbehandlung ermöglichen.

Zur Lösung dieses Problems ist eine Waschvorrichtung zum Waschen eines Substrats mit folgenden Merkmalen ausgestattet:

- einen Drehhalter zum Halten und Drehen eines Substrats,
- eine Zuführeinrichtung für eine Prozeßlösung mit einem Auslaß, durch den die Prozeßlösung auf das durch den Drehhalter in Drehung versetzte Substrat geleitet wird, um so einen Film der Prozeßlösung auszubilden,
- einen Ultraschalloszillator zur Ausübung einer Ultraschallvibration auf den Film der Prozeßlösung,
- eine Antriebseinrichtung zur relativen Bewegung des Ultraschalloszillators und des Drehhalters zur Justierung der relativen Positionen von Ultraschalloszillator und Substrat zueinander und
- eine Steuerung zur Steuerung des Drehhalters, der Zuführeinrichtung für die Prozeßlösung, des Ultraschalloszillators und des Antriebs zur relativen Bewegung so, daß der Ultraschalloszillator, der sich über im wesentlichen einen Radius des Substrats erstreckt, in Kontakt mit dem Film der Prozeßlösung, jedoch nicht in Kontakt mit dem Substrat, kommt und zur Einstellung eines optimierten Verhältnisses zwischen Spalt G zwischen dem Ultraschalloszillator und dem Substrat, einer Zuführmenge Q der Prozeßlösung und einer Rotationsgeschwindigkeit V des Substrats.

Beim Megaschall-Waschen wird die Ultraschallschwingung auf die Wassermoleküle in der Prozeßlösung übertragen, wodurch die vibrierenden Wassermoleküle Fremdstoffe, wie Partikel, in Schwingung versetzen und so die Entfernung der Fremdstoffe von der Waferoberfläche erleichtern. Die Anwendung einer Ultraschallschwingung auf eine Prozeßlösung führt daher zu einer Erhöhung der Waschfähigkeit gegenüber einer gewöhnlichen Prozeßlösung.

Durch die vorliegende Erfindung wird der Spalt G zwischen dem Ultraschalloszillator und dem Substrat, die Zuführmenge G der Prozeßlösung und die Rotationsgeschwindigkeit V des Substrats optimiert gesteuert. Hieraus resultiert, daß der auf dem Substrat gebildete Film der Prozeßlösung stabilisiert wird. Darüber hinaus kann die Ultraschallschwingung, die kaum bedämpft wird, effektiv auf die Prozeßlösung übertragen werden.

Während des Betriebs wird der Ultraschalloszillator, dessen Länge im wesentlichen gleich oder geringfügig kleiner als ein Radius des Substrats ist, etwas oberhalb des Substrats positioniert, so daß er sich nicht über eine Rotationsachse des Substrats erstreckt. Die spezielle Anordnung vermeidet, daß ein Mittelteil des Substrats übermäßig gewaschen wird und ermöglicht ein gleichförmiges Waschergebnis über die gesamte Oberfläche des Substrats.

Für die erfindungsgemäße Waschvorrichtung ist es vorteilhaft, mit einem Halter für den Ultraschalloszillator ausgerüstet zu sein. Der Flüssigkeitsauslaß für den Zuführungsmechanismus für die Prozeßlösung ist innerhalb des Halters in einer Position unmittelbar neben dem Ultraschalloszillator definiert. Der gemäß dieser speziellen Konstruktion ausgebildete Halter ermöglicht die Anwendung einer Ultraschallschwingung auf die Prozeßlösung unmittelbar nach dem Austreten der Lösung aus dem Auslaß, wodurch die Wascheffizienz weiter erhöht wird. Natürlich ist es möglich, den Zuführmechanismus für die Prozeßlösung und den Ultraschalloszillator getrennt voneinander anzuordnen.

Zur Lösung des oben erwähnten Problems weist ein Verfahren zum Waschen eines Substrats erfindungsgemäß folgende Verfahrensschritte auf:

- a) Halten eines Substrats und Drehen des Substrats um eine Achse senkrecht zur Waschoberfläche des Substrats
- b) Zuführung einer Prozeßlösung zum rotierenden Substrat zur Ausbildung eines Films der Prozeßlösung auf der Waschoberfläche des Substrats

- c) Anordnung eines Ultraschalloszillators, der sich im wesentlichen über einen Radius des Substrats erstreckt, so daß er nicht in Kontakt mit dem Substrat aber in Kontakt mit dem Film der Prozeßlösung zur Applikation einer Ultraschallvibration auf den Film der Prozeßlösung kommt und
- d) Einstellung eines optimierten Zusammenhangs zwischen einem Spalt G zwischen dem Ultraschalloszillator und dem Substrat, einer Zuführmenge Q der Prozeßlösung und einer Rotationsgeschwindigkeit V des Substrats.

Fig. 7 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Spalt G, die Zuführmenge Q und die Rotationsgeschwindigkeit V des Substrats. Es ist vorteilhaft, den Spalt G zwischen dem Ultraschalloszillator und dem Substrat in einem Bereich zwischen 0,5 und 5,0 mm einzustellen. Wenn der Spalt G kleiner als 0,5 mm ist, können Kollisionen zwischen dem Ultraschalloszillator und dem Substrat auftreten. Wenn der Spalt G größer als 5,0 mm ist, ist es demgegenüber schwierig, einen Film der Prozeßlösung auszubilden, der in Kontakt sowohl mit dem Ultraschalloszillator als auch mit dem Substrat ist. Wenn der Spalt G in dem angegebenen Bereich liegt, werden in dem Film der Prozeßlösung keine Blasen geformt. Darüber hinaus kann der Film der Prozeßlösung stabil auf dem Substrat ausgebildet werden.

Vorteilhaft ist ferner, wenn die Zuführmenge Q der Prozeßlösung in einem Bereich zwischen 0,2 und 2,0 l/min liegt. Wenn die Zuführmenge Q kleiner als 0,2 l/min ist, ist es schwierig, das Substrat ausreichend zu waschen. Wenn die Zuführmenge (Q) größer als 2,0 l/min ist, wird die Prozeßlösung heftig aus dem Auslaß austreten und gibt Anlaß zur Blasenbildung innerhalb des Films der Prozeßlösung. Darüber hinaus wird der Verbrauch an Prozeßlösung unverhältnismäßig vergrößert.

Die Rotationsgeschwindigkeit V des Substrats sollte vorzugsweise in einem Bereich zwischen 40 und 180 UpM liegen. Wenn die Rotationsgeschwindigkeit V kleiner als 40 UpM ist, ist es schwierig, die Prozeßlösung gleichmäßig über die gesamte Oberfläche des Substrats aufzubringen. Wenn die Rotationsgeschwindigkeit V jedoch 180 UpM überschreitet, wird der Film der Prozeßlösung instabil und kann abreißen.

Im übrigen ist es vorteilhaft, wenn die Frequenz der Ultraschallwelle in einem Bereich zwischen 400 kHz und 2 MHz fällt. Ist die Frequenz der Ultraschallwellen kleiner als 400 kHz, neigt das System dazu, Blasen in der Prozeßlösung durch Kavitation zu erzeugen. Wenn andererseits die Frequenz der Ultraschallwellen 2 MHz überschreitet, kann die Waferoberfläche ernsthaft beschädigt werden.

Die Erfindung soll im folgenden anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht auf eine Substrat-Waschvorrichtung

Fig. 2 eine Schnittdarstellung eine Substrat-Waschvorrichtung nach einer ersten Ausführungsform der Erfindung

Fig. 3 eine vergrößerte Schnittdarstellung der Substrat-Waschvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung

Fig. 4 eine Draufsicht auf die Substrat-Waschvorrichtung nach der ersten Ausführungsform der Erfindung

Fig. 5 ein Flußdiagramm zur Verdeutlichung des Waschverfahrens für ein Substrat nach der ersten Ausführungsform der Erfindung

Fig. 6 eine vergrößerte Schnittdarstellung einer Substrat-Waschvorrichtung nach einer zweiten Ausführungsform der Erfindung und

Fig. 7 eine Kurvendarstellung, die den Zusammenhang zwischen einem Spalt G (m) zwischen einem Ultraschalloszillator und einem Substrat, eine Zuführmenge Q (Liter pro Minute) einer chemischen Lösung und einer Rotationsgeschwindigkeit (UpM) des Substrats zeigt.

Gemäß Fig. 1 weist eine Wascheinrichtung 1, eine Trägerstation 2 und einen Prozeßabschnitt 4 auf. Vier Träger C sind auf einem Trägerelement 2 angeordnet und erstrecken sich in einer Richtung einer X-Achse. In jedem Träger C sind beispielsweise 25 Wafer W untergebracht, die jeweils 8 Zoll Durchmesser aufweisen.

In der Trägerstation ist ein Bewegungsgang 3a vorgesehen, der sich in Richtung der X-Achse entlang dem Trägerelement erstreckt. Auf dem Bewegungsgang 3a wird ein Hilfsarmmechanismus 3 bewegt. Der Hilfsarmmechanismus 3 weist einen Waferhalter, einen Hin-und-Her-Antrieb zum Antreiben des Waferhalters vorwärts und rückwärts, einen X-Achse-Antriebsmechanismus zur Bewegung des Waferhalters in Richtung der X-Achse, einen Z-Achse-Antriebsmechanismus zur Bewegung des Waferhalters in Richtung der Z-Achse und einen Schwenkmechanismus zum Schwenken des Waferhalters um die Z-Achse um einen Winkel θ . Vor der Waschbehandlung werden die Wafer W aus dem Träger C einzeln durch den Hilfsarmmechanismus 3 herausgenommen. Dann werden diese Wafer von dem Hilfsarmmechanismus 3 auf einen Hauptarmmechanismus 5 übergeben. Andererseits werden die Wafer W nach der Waschbehandlung von dem Hauptarmmechanismus 5 auf den Hilfsarmmechanismus 3 übergeben und dann in den Träger C zurückgebracht.

Der Prozeßabschnitt 4 umfaßt den Hauptarmmechanismus 5, zwei Paare von Wascheinheiten 7, 8 und ein einzelnes Paar von Trockeneinheiten 9. Wie sich aus der Zeichnung ergibt, sind die paarweise angeordneten Wascheinheiten 7, 7 voneinander durch einen zwischen ihnen angeordneten Übergabe-Bewegungsgang 6 voneinander getrennt. In gleicher Weise sind die Wascheinheiten 8, 8 durch den zwischen ihnen angeordneten Übergabe-Bewegungsgang 6 voneinander getrennt. Ferner sind auch die Trockeneinheiten 9, 9 durch den zwischen ihnen angeordneten Übergabe-Bewegungsgang 6 voneinander getrennt. Mit anderen Worten ist ein Satz der Wascheinheiten 7, 8 und der Trockeneinheit 9 auf einer Seite des Übergabe-Bewegungsgangs 6 angeordnet. Ein weiterer Satz der Wascheinheiten 7, 8 und der Trockeneinheit 9 ist auf der anderen Seite des Übergabe-Bewegungsgangs 6 angeordnet. Der Übergabe-Bewegungsgang 6 erstreckt sich in Richtung einer Y-Achse entlang einem Mittelabschnitt des Prozeßabschnitts 4. Entlang dem Übergabe-Bewegungsgang 6 wird der Hauptarmmechanismus 5 bewegt. Der Hauptarmmechanismus 5 weist einen Waferhalter, einen Hin-und-Her-Antriebsmechanismus zum Antreiben des Waferhalters vorwärts und rückwärts, einen X-Achse-Antriebsmechanismus zur Bewegung des Waferhalters in Richtung der X-Achse, einen Z-Achse-Antriebsmechanismus zur Bewegung des Waferhalters in der Richtung der Z-Achse und einen Schwenkmechanismus zum Schwenken des Waferhalters um eine Z-Achse um einen Winkel θ auf. Die von dem Hilfsarmmechanismus 3 übergebenen Wafer W werden durch den Hauptarmmechanismus 5 in jede der Einheiten 7, 8, 9 verbracht. Ferner werden die Wafer nach der Waschbehandlung von dem Hauptarmmechanismus 5 auf den Hilfsarmmechanismus 3 übergeben. Im übrigen ist es möglich, die Kombination der

Prozeßeinheiten optional in Abhängigkeit von der Waschbehandlung für die Wafer W zu ändern.

Jede der Wascheinheiten 7 und 8 enthält eine Drehhalterung 10 zum Halten und Drehen des Wafers W, einen Zuführmechanismus 20 zum Zuführen einer chemischen Lösung und von reinem Wasser auf den Wafer W, einen Zuführmechanismus 21 zum Zuführen von verdampftem Isopropylalkohol (IPA) und trockenem N₂-Gas auf den Wafer W, eine Steuerung 35 und einen Topf 40.

Die Trockeneinheit 9 weist einen (nicht dargestellten) Drehhalter zum Halten und Drehen des Wafers W, einen (nicht dargestellten) Zuführmechanismus zum Zuführen von reinem Wasser auf das Substrat, einen (nicht dargestellten) Zuführmechanismus zum Zuführen eines verdampften Isopropylalkohols (IPA) und von trockenem N₂-Gas (Inertgas) auf das Substrat, eine (nicht dargestellte) Steuerung und einen (nicht dargestellten) Topf auf.

Die erfindungsgemäße Substrat-Wascheinrichtung (Wascheinheit) ist im Detail in den Fig. 2 bis 4 dargestellt. Im übrigen sind die Wascheinheiten 7 und 8 im wesentlichen gleich, mit Ausnahme der verwendeten chemischen Lösungen. Daher wird nur die Wascheinheit 7 stellvertretend für alle beschrieben.

Die Wascheinheit 7 weist ein Gehäuse 7a auf. In dem Gehäuse 7a ist der Drehhalter 10, der Zuführmechanismus 20 für die Prozeßlösung zum Zuführen einer Prozeßlösung (chemische Lösung und reines Wasser) auf den Wafer W, ein Trockenmechanismus 21 zur Zuführung eines gemischten Gases auf den Wafer W, das aus N₂-Gas (Inertgas) und einem IPA-Dampf besteht, und der Topf 40 angeordnet.

Der Drehhalter 10 weist einen Antriebsmotor 11, eine mit der Antriebswelle des Motors 11 verbundene Drehwelle 12, eine am oberen Ende der Drehwelle 12 angebrachte Tragplatte und eine am Umfang der Tragplatte 13 ausgebildete Haltevorrichtung 14 auf. Der Umfangsabschnitt des Wafers W wird durch die Haltevorrichtung 14 so gehalten, daß der Wafer W nicht in Berührung mit der Tragplatte 13 kommt.

Wie Fig. 2 zeigt, enthält der Zuführmechanismus 20 für die Prozeßlösung einen kastenartigen Halter 22, der beweglich durch Hebemechanismen 30, 31 gehalten wird, und Schwenkmechanismen 32, 33, 34. Ausgangsöffnungen 28 eines Zuführkanals 25 für die chemische Lösung und eines Zuführkanals 27 für reines Wasser sind in einem Seitenabschnitt des Halters 22 nebeneinander angeordnet. Wie sich insbesondere aus Fig. 3 und 4 ergibt, sind die Ausgangsöffnungen 28 unmittelbar über einem Mittelbereich des Wafers W angeordnet, wenn der Halter 22 so positioniert ist, daß er einen Radius des Wafers W abdeckt, so daß eine chemische Lösung oder reinem Wasser auf den Mittelabschnitt des Wafers W gelangt. Der Zuführkanal für die chemische Lösung steht über eine Pumpe 24 mit einem Vorrat 36 für die chemische Lösung in Verbindung. In dem Vorrat 36 für die chemische Lösung befindet sich eine chemische Waschlösung, wie beispielsweise Flußsäure, oder eine Mischlösung aus Ammoniak und Wasserstoffperoxid. Andererseits steht der Zuführkanal 27 für reines Wasser über eine Pumpe 26 mit einem Vorrat 38 für reines Wasser in Verbindung. In dem Vorrat 38 befindet sich reines Wasser als Spülflüssigkeit. Beide Pumpen 24 und 26 werden jeweils durch die Steuerung 35 gesteuert.

Eine vertikale Stange 30 des Hebemechanismus 31 ist mit dem oberen Ende des Halters 22 verbunden. Der Hebemechanismus 31 besteht aus einem Luftzylinder zum vertikalen Bewegen der vertikalen Stange 30. Der Hebemechanismus 31 ist ferner mit einem horizontalen Arm 32 des Schwenkmechanismus verbunden und von ihm gehalten. Das andere Ende des horizontalen Arms 32 ist mit dem oberen Ende einer vertikalen Stange 33 verbunden und ein unteres Ende der vertikalen Stange 33 ist mit der Antriebswelle des Motors 34 verbunden. Die Hebemechanismen 30, 31 und die Schwenkmechanismen 32, 33, 34 ermöglichen es, einen Ultraschalloszillator 23 in einem vorbestimmten Abstand G von der Oberfläche des Wafers W während des Waschvorganges zu positionieren und eine Ruheposition im Ruhezustand zurückzuziehen, wie dies in Fig. 3 gezeigt ist. Stromversorgungsschaltungen für den Hebemechanismus 31, die Pumpen 24, 26 und den Motor 11 sind mit dem Ausgang der Steuerung 35 verbunden, so daß die Funktionen des Hebemechanismus, der Pumpen und des Motors durch die Steuerung 35 gesteuert werden. Die Steuerung 35 dient dazu, ein Optimum der Beziehung zwischen Abstand (Spalt) G zwischen dem Ultraschalloszillator und dem Wafer, der Zuführmenge Q der Prozeßlösung und der Rotationsgeschwindigkeit V des Wafers W zu regeln.

Der Ultraschalloszillator 23 wird von dem Halter 22 gehalten. Der Oszillator 23 weist eine Länge auf, die im wesentlichen gleich dem Radius des Wafers W ist und ist so angeordnet, daß er nicht über die Rotationsachse des Wafers W hinausragt. Mit anderen Worten ist der Ultraschalloszillator so angeordnet, daß er im wesentlichen den gesamten Radius des Wafers W während der Waschoperation abdeckt. Der Ultraschalloszillator 23 enthält eine Elektrode 23a, ein mit der Elektrode 23a verbundenes oszillierendes Element 23b und einen mit dem oszillierenden Element 23b verklebten Schwingungsübertrager 23c. Wenn elektrische Leistung auf die Elektrode 23a geleitet wird, werden von dem oszillierenden Element 23b Ultraschallwellen mit einer Frequenz von 900 kHz generiert. Die so erzeugte Ultraschallwelle wird durch den Schwingungsübertrager 23c auf einen auf der Oberfläche des Wafers W ausgebildeten Flüssigkeitsfilm 50 übertragen. Im übrigen ist das untere Ende des Schwingungsübertragers 23c etwas niedriger als das untere Ende des Halters 22 angeordnet. Der Schwingungsübertrager 23c besteht aus einem korrosionsbeständigen Material, wie beispielsweise Quarz.

Es ist zu beachten, daß der Ultraschalloszillator 23 während der Waschoperation in Kontakt mit dem auf dem Wafer ausgebildeten Flüssigkeitsfilm steht, wodurch es möglich ist, an der Oberfläche des Wafers W anhaftende Partikel usw. wirksam zu entfernen. Dabei ist von Bedeutung, daß der Ultraschalloszillator 23 so angeordnet ist, daß er nicht über die Rotationsachse des Wafers W während der Waschoperation hinausragt. Der Spalt G zwischen dem Wafer W und dem Ultraschalloszillator 23 wird so eingestellt, daß er in dem Bereich zwischen 0,5 mm und 5,0 mm fällt, um den Eintritt von Blasen in den den Spalt G ausfüllenden Flüssigkeitsfilm 50 zu verhindern. Nach der Waschbehandlung des Wafers W wird der Halter aufwärts bewegt und dann verschwenkt, um so in seine Ruhestellung verbracht zu werden.

Die Atmosphäre in dem Topf 40 wird durch einen Bodenabschnitt des Topfes 40 durch eine (nicht dargestellte) außerhalb des Systems angeordnete Absaugeinrichtung, wie beispielsweise eine Vakuumpumpe, nach außen abgeführt. Ferner wird Flüssigkeit, die während der Waschbehandlung durch Zentrifugalkraft von dem Wafer W weggeschleudert wird, in einem Bodenbereich des Topfes 40 gesammelt, um so durch eine Abflauflutung 41 nach außen zu fließen.

Fig. 5 zeigt ein Flußdiagramm zur Verdeutlichung eines Verfahrens zum Waschen beispielsweise eines Siliciumwafers W mit der oben beschriebenen Wascheinrichtung 1.

Im ersten Schritt übergibt ein (nicht dargestellter) Übergaberoboter die Träger C in die Trägerstation 2, um die Träger

C auf dem Trägertisch anzuordnen. In dem Träger C sind 25 Siliciumwafer vor der Waschbehandlung angeordnet. Der Hilfsarmmechanismus 3 entnimmt einen einzelnen Wafer W aus dem Träger C und übergibt den Wafer W auf den Hauptarmmechanismus 5. Durch den Hauptarmmechanismus 5 wird der Wafer W nacheinander in die Wascheinheiten 7 und 8 verbracht. In den Wascheinheiten 7 und 8 werden an der Waferoberfläche haftende Fremdkörper, wie beispielsweise organische Verunreinigungen und Partikel durch Waschen mit verschiedenen chemischen Lösungen entfernt.

Die Waschbehandlung des Wafers W soll stellvertretend durch die Behandlung in der ersten Wascheinheit 7 beschrieben werden. Im ersten Schritt wird ein (nicht dargestellter) Verschluß geöffnet, um den Waferhalter des Hauptarmmechanismus 5 durch die Öffnung in die erste Wascheinheit 7 einzuführen und so den Wafer W auf der Tragplatte 13 des Drehhalters 10 anzuordnen (Schritt S1). In diesem Zustand wird der Motor 11 gestartet, um so die Rotation des Drehhalters 10 beginnen zu lassen (Schritt S2), worauf ein Verschwenken des horizontalen Arms 32 des Schwenkmechanismus 34 erfolgt, um den Halter 22 aus seiner Ruheposition in eine Position oberhalb des Topfes 40 zu verbringen. Dann wird der Halter 22 durch den Hebemechanismus 31 abgesenkt, um so den Ultraschalloszillator 23 in seine Arbeitsposition in der Nähe der Oberfläche des Wafers W zu verbringen. Ferner wird ein Steuersignal von der Steuerung 35 auf den Hebemechanismus 31 geleitet, um das Optimum des Spalts G zwischen dem Wafer W und dem Ultraschalloszillator 23 einzustellen. Der optimale Spalt G wird so eingestellt, daß er in einen Bereich zwischen 0,5 mm und 5,0 mm fällt, so daß der Spalt G vollständig durch den Flüssigkeitsfilm 50 ausgefüllt werden kann und Blasen vollständig vom Eintritt in den Flüssigkeitsfilm 50 abgehalten werden (Schritt S3).

Im nächsten Schritt wird die Pumpe 24 betätigt, um eine chemische Lösung von dem Vorrat 36 für die chemische Lösung auf den Wafer W durch den Flüssigkeitskanal 25 und den Halter 22 zu leiten (Schritt S4). Im Ergebnis wird ein Gleichgewicht zwischen der zugeführten Lösung und der entfernten Lösung hergestellt, um einen Flüssigkeitsfilm 50 mit einer vorbestimmten Dicke zwischen dem Wafer W und dem Ultraschalloszillator 23 auszubilden. In diesem Zustand wird eine elektrische Energie auf die Elektrode 23a geleitet, wodurch das oszillierende Element 23b eine Ultraschallwelle generiert, die über den Schwingungsübertrager 23c auf den Flüssigkeitsfilm 50 übertragen wird (Schritt S5). Dadurch wird eine Ultraschallvibration auf den Flüssigkeitsfilm 50 ausgeübt, mit dem Ergebnis, daß die Vibration auf die Wassermoleküle in dem Flüssigkeitsfilm übertragen werden, um so die Waschwirkung der chemischen Lösung zu verbessern. Bei diesem Schritt wird ein vorbestimmtes Steuersignal von der Steuerung 35 zur Pumpe 24 übermittelt, um so das Optimum der Zufuhrmenge Q der chemischen Lösung zu steuern. Genauer gesagt wird die optimale Zufuhrmenge der chemischen Lösung so gesteuert, daß sie in einen Bereich zwischen 0,2 und 2,0 Litern pro Minute liegt, so daß ein Flüssigkeitsfilm 50 hoher Dichte, der frei von Blasen ist, in dem Spalt zwischen der Oberfläche des Wafers W und des Ultraschalloszillators 23 aufrechterhalten wird (Schritt S6). In ähnlicher Weise wird ein vorbestimmtes Steuersignal von der Steuerung 35 zum Motor 11 gesandt, um das Optimum der Rotationsgeschwindigkeit V des Wafers W zu steuern (Schritt S7). Genauer gesagt wird die optimale Rotationsgeschwindigkeit V so eingestellt, daß sie in einen Bereich zwischen 40 UpM und 180 UpM liegt, so daß der Flüssigkeitsfilm 50 von hoher Dichte, der frei von Blasen ist, in dem Spalt zwischen der Oberfläche des Wafers W und dem Ultraschalloszillator 23 erhalten wird.

Wie oben bereits erwähnt, wird der Ultraschalloszillator während des Waschvorganges so positioniert, daß er sich nicht über die Rotationsachse des Wafers W erstreckt. Wenn der Ultraschalloszillator sich über die Rotationsachse des Wafers W erstreckt, wird der Zentralbereich des Wafers W im Vergleich zu den anderen Bereichen übermäßig gewaschen, woraus ein uneinheitlicher Waschgrad über die gesamte Oberflächenregion des Wafers W resultiert. Die Prozeßlösung fließt durch die Kanäle 25, 27 in den Halter 22, um durch die Ausgangsöffnungen 29 auf einen zentralen Abschnitt des Wafers W geleitet zu werden. Daraufhin wird die Prozeßlösung durch Zentrifugalkraft gleichmäßig über die gesamte Oberflächenregion des Wafers W verteilt.

Während der Waschbehandlung bricht der Flüssigkeitsfilm 50, der zwischen dem Wafer W und dem Ultraschalloszillator 23 gehalten ist, nicht zusammen, sondern bleibt stabil. Da die Ultraschallvibration im wesentlichen Dämpfungsfrei in dem Flüssigkeitsfilm übertragen wird, wird die Waschleistung der chemischen Lösung erheblich verbessert. Daraus resultiert, daß ein wirksames Megaschall-Waschen auf der Oberfläche des Wafers W durchgeführt wird. Im übrigen ist der Flüssigkeitsfilm 50 frei von Kavitationen, da die Ultraschallwelle mit einer Frequenz von 400 kHz bis 20 MHz auf den Flüssigkeitsfilm 50 einwirkt. Somit können feine Partikel von der Waferoberfläche entfernt werden, ohne den Wafer W zu beschädigen.

Nach Ablauf eines vorbestimmten Zeitraums nach dem Beginn der Waschbehandlung wird die Pumpe 24 gestoppt, um die Zuführung von chemischer Lösung zum Wafer W zu unterbrechen (Schritt S8). Dann wird die Pumpe 26 betätigt, um die Zuführung von reinem Wasser aus dem Wasservorrat 38 durch den Kanal 27 und den Halter 22 für eine Spülung zu starten (Schritt S9). Bei diesem Spülungsschritt wird das Verhältnis zwischen Spalt G zwischen dem Ultraschalloszillator und dem Wafer, der Zufuhrmenge Q der Prozeßlösung (reines Wasser) und der Rotationsgeschwindigkeit V des Wafers optimiert, um die Spülbehandlung gleichmäßig über die gesamte Oberfläche des Wafers W durchzuführen. Nach einem vorbestimmten Zeitablauf nach dem Beginn des Spülvorganges wird die Pumpe 26 gestoppt, um die Zuführung von reinem Wasser zum Wafer W zu stoppen (Schritt S10).

Im nächsten Schritt wird der Halter 22 durch den Hebemechanismus 31 aufwärts bewegt, um so in eine Stellung oberhalb des Topfes 40 verbracht zu werden. Dann wird der Arm 32 des Schwenkmechanismus 34 verschwenkt, um den Halter 22 aus der Position oberhalb des Topfes 40 zurück in seine Ruheposition zurückzustellen (Schritt S11). Dann wird die Trocknungseinrichtung 21 in eine Position oberhalb des Wafers W verbracht, der Wafer W mit einer hohen Geschwindigkeit in Rotation versetzt, um durch Zentrifugalkraft die an dem Wafer W haftende Flüssigkeit abzuschleudern (Schritt S12). Während des Schleuderbetriebs wird ein Mischgasstrom aus einem N₂-Gas und einem IPA(Isopropylalkohol)-Dampf von der Trocknungseinrichtung 21 auf die Oberfläche des Wafers W geleitet, um einen Trocknungsvorgang auszuführen (Schritt S13). Nach dem Trocknungsvorgang wird die Zufuhr des Mischgasstroms gestoppt, die Trocknungseinrichtung 21 zurückgezogen und die Rotation des Wafers gestoppt (Schritt S14). Dann wird der Verschluß geöffnet, um mit dem Hauptarmmechanismus 5 den behandelten Wafer W aus der ersten Wascheinheit 7 herauszuziehen (Schritt S15). Danach wird der Wafer W in die zweite Wascheinheit 8 zur Durchführung einer Waschbehandlung mit einer anderen chemischen Lösung verbracht. Abschließend wird der Wafer mit reinem Wasser innerhalb der Trockeneinheit 9 gespült.

und mit einem Mischgas aus IPA-Dampf und einem N₂-Gas getrocknet. Nach der Behandlung in dem Wasch-Trocknungs-Prozeßabschnitt 4 wird der Wafer W wieder in den Träger C eingesetzt. In der gleichen Weise werden die übrigen 24 Wafer nacheinander behandelt. Nachdem 25 Wafer W behandelt worden sind, wird der 25 Wafer W beherbergende Träger C aus der Wasch-Trocknungseinrichtung 1 heraustransportiert.

Bei der oben beschriebenen Ausführungsform wird der Ultraschalloszillator 23 nicht in Kontakt mit dem Wafer, sondern im Kontakt mit dem Flüssigkeitsfilm 50 der Prozeßlösung positioniert, woraus sich ergibt, daß die Ultraschallvibration durch den Flüssigkeitsfilm 50 weitgehend dämpfungsfrei zur wirksamen Applikation auf der Waferoberfläche übertragen wird. Daraus resultiert, daß ein Megeschall-Wasch n effektiv durchgeführt werden kann. Da der Ultraschalloszillator 23 im direkten Kontakt mit dem Flüssigkeitsfilm 50 steht, der sich wiederum in unmittelbarem Kontakt mit der Oberfläche des Wafers W befindet, ist es möglich, eine Prozeßlösung gleichmäßig auf die Oberfläche des Wafers W zu leiten. Dadurch kann die gesamte Oberfläche des Wafers W gleichmäßig und wirksam gewaschen werden, woraus eine verbesserte Waschqualität resultiert.

In der oben beschriebenen Ausführungsform wird ein Halbleiterwafer W der Wasch-Trocknungs-Behandlung unterzogen. Es ist jedoch auch möglich, andere Substrate, wie beispielsweise Glassubstrate eines LCD-Bauelements mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung und nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zu behandeln.

Fig. 6 zeigt eine modifizierte Ausführungsform der Erfindung. Bei dieser Modifikation wird ein Auslaßabschnitt 22A für die Prozeßlösung separat von dem Ultraschalloszillator 23 angeordnet. Wie die Zeichnung erkennen läßt, ist der Auslaßabschnitt 22A direkt oberhalb eines zentralen Abschnitts des Wafers W angeordnet, um die Prozeßlösung von Auslaßöffnungen 28A der Fluidkanäle 25, 27 auf einen mittleren Abschnitt der Oberfläche des Wafers W zu leiten. Ein Kappenteil 29A ist im unteren Abschnitt des Auslaßabschnitts 22A für die Prozeßlösung ausgebildet, um die Auslaßöffnungen 28A zu umgeben. Da das Kappenteil 29 die Prozeßlösung daran hindert, gestreut zu werden, gelangt die Prozeßlösung kaum auf die Elektrode 23a und das oszillierende Element 23b des Ultraschalloszillators 23.

Eine der Fig. 2 entsprechende Wascheinrichtung ist aufgebaut worden, um experimentell die Beziehungen zwischen dem Spalt G (mm) zwischen dem Ultraschalloszillator und der Waferoberfläche, der Zuführmenge Q (l/min) der chemischen Lösung und der Rotationsgeschwindigkeit V (UpM) des Wafers festzustellen. Tabelle 1 zeigt die Versuchsergebnisse:

Tabelle 1

Spalt G (mm)	Zuführrate Q für die chemische Lösung (l/min)			
	0,2	0,5	1	2
0,5	110	120	140	180
1,0	80	90	120	150
2,0	60	60	70	90
3,0	40	50	60	60
4,0	N. G.	40	50	60
5,0	N. G.	30	40	40
5,5	N. G.	N. G.	30	30
6,0	N. G.	N. G.	N. G.	N. G.

Die Werte in der Tabelle 1 geben die oberen Grenzwerte für die Rotationsgeschwindigkeit (UpM) des Wafers W an, bei der noch eine Waschbehandlung durchgeführt werden kann. Das Symbol "N.G." kennzeichnet, daß es unmöglich war, eine Waschbehandlung durchzuführen.

Bei diesem Versuch wurde der Spalt auf 0,5 mm, 1,0 mm, 2,0 mm, 3,0 mm, 4,0 mm, 5,0 mm, 5,5 mm oder 6,0 mm eingestellt. Die Zuführrate Q für die chemische Lösung wurde auf 0,2 l/min, 0,5 l/min, 1,0 l/min oder 2,0 l/min eingestellt. Bei diesen Bedingungen wurde die Rotationsgeschwindigkeit V des Wafers variiert, um die Bedingungen festzustellen, die die Ausbildung eines dichten Filmes 50 für die chemische Lösung auf der Waferoberfläche derart, daß innerhalb des Films 50 keine Blasen geformt werden, bewirken. Auch Fig. 7 gibt die Versuchsergebnisse wieder.

Fig. 7 und Tabelle 1 zeigen, daß es schwierig ist, die Position des Ultraschalloszillators in geeigneter Weise zu steuern, wenn der Spalt G kleiner als 0,5 mm ist, da der Ultraschalloszillator möglicherweise gegen den Wafer stößt. Wenn andererseits der Spalt G größer als 5,0 mm wird, ist es schwierig, einen zusammenhängenden Flüssigkeitsfilm 50 zwischen

dem Wafer und dem Ultraschalloszillator aufrechtzuerhalten, selbst wenn die Zuführrate Q für die chemische Lösung erhöht und die Rotationsgeschwindigkeit V des Wafers erniedrigt wird.

Wenn die Zuführrate Q für die chemische Lösung kleiner als 0,2 l/min ist, ist es schwierig, eine ausreichend große Menge der chemischen Lösung auf die Substratoberfläche zu leiten, woraus sich ein nicht ausreichendes Waschergebnis auf der Substratoberfläche ergibt. Wenn die Zuführrate Q 2,0 l/min überschreitet, wird demgegenüber die chemische Lösung so heftig auf die Substratoberfläche geleitet, daß es zur Blasenbildung in dem auf der Substratoberfläche gebildeten Flüssigkeitsfilm Anlaß gibt. Ferner wird der Verbrauch an chemischer Lösung übermäßig erhöht, woraus hohe Waschkosten resultieren.

Wenn die Rotationsgeschwindigkeit V des Wafers kleiner als 40 UpM ist, ist es schwierig, die chemische Lösung gleichmäßig auf der Oberfläche des Wafers W aufzubringen. Wenn jedoch die Rotationsgeschwindigkeit V 180 UpM überschreitet, wird eine übermäßig hohe Zentrifugalkraft erzeugt, die zu einem Abreißen des auf der Waferoberfläche gebildeten Flüssigkeitsfilms führt. In diesem Fall wird die Waschbehandlung instabil.

Zur Ausbildung eines zufriedenstellenden Flüssigkeitsfilms auf der Waferoberfläche ist es wichtig, die Beziehung zwischen Spalt G und der Zuführrate Q für die chemische Lösung zu beachten. Die Zuführrate Q für die chemische Lösung muß mit der Vergrößerung des Spaltes G erhöht werden, um den zusammenhängenden dichten Flüssigkeitsfilm 50 der chemischen Lösung auf der Waferoberfläche zu stabilisieren.

Ferner ist es wichtig, den Zusammenhang zwischen dem Spalt G und der Rotationsgeschwindigkeit V des Wafers zu berücksichtigen. Die Rotationsgeschwindigkeit V des Wafers W muß mit abnehmendem Spalt G abgesenkt werden, um den auf der Waferoberfläche gebildeten Flüssigkeitsfilm zu stabilisieren.

Im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen der Zuführrate Q für die chemische Lösung und die Rotationsgeschwindigkeit V des Wafers W kann die Rotationsgeschwindigkeit V mit der Erhöhung der Zuführrate Q für die chemische Lösung erhöht werden.

Die Versuchsdaten ergeben klar, daß der Spalt G zwischen der Waferoberfläche und dem Ultraschalloszillator vorzugsweise in den Bereich zwischen 0,5 mm und 5,0 mm liegen sollte. Ferner sollte die Zuführrate Q für die chemische Lösung vorzugsweise im Bereich zwischen 0,2 und 2,0 l/min liegen. Die Rotationsgeschwindigkeit V des Wafers sollte vorzugsweise zwischen 40 UpM und 180 UpM betragen.

Fig. 7 zeigt eine Kurvendarstellung des Zusammenhangs zwischen dem Spalt G, der Zuführrate Q für die chemische Lösung und der Rotationsgeschwindigkeit V des Wafers für die Ausbildung eines dichten zusammenhängenden Films 50 der chemischen Lösung ohne Ausbildung von Blasen auf der Waferoberfläche.

Wie beschrieben wird bei der erfindungsgemäßen Wascheinrichtung für ein Substrat eine Ultraschallvibration direkt auf einen auf der Oberfläche eines Substrats gebildeten Film einer Prozeßlösung ausgeübt. Dabei werden keine Blasen in dem Film der Prozeßlösung gebildet. Daraus resultiert, daß die gesamte Oberfläche des Substrats gleichförmig und wirksam gewaschen werden kann, woraus sich eine verbesserte Waschqualität und eine erhöhte Produktivität ergibt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Waschen eines Substrats, **gekennzeichnet durch**
 - einen Drehhalter (10) zum Halten und Drehen eines Substrats,
 - eine Zuführeinrichtung (20) für eine Prozeßlösung mit einem Auslaß (28, 28A), durch den die Prozeßlösung auf das durch den Drehhalter in Drehung versetzte Substrat geleitet wird, um so einen Film der Prozeßlösung auszubilden,
 - einen Ultraschalloszillator (23) zur Ausübung einer Ultraschallvibration auf den Film der Prozeßlösung,
 - eine Antriebseinrichtung (31, 34) zur relativen Bewegung des Ultraschalloszillators und des Drehhalters zur Justierung der relativen Positionen von Ultraschalloszillator und Substrat zueinander und
 - eine Steuerung (35) zur Steuerung des Drehhalters (10), der Zuführeinrichtung (20) für die Prozeßlösung, des Ultraschalloszillators (23) und des Antriebs zur relativen Bewegung so, daß der Ultraschalloszillator, der sich über im wesentlichen einen Radius des Substrats erstreckt, in Kontakt mit dem Film der Prozeßlösung, jedoch nicht in Kontakt mit dem Substrat, kommt und zur Einstellung eines optimierten Verhältnisses zwischen Spalt (G) zwischen dem Ultraschalloszillator (23) und dem Substrat, einer Zuführmenge (Q) der Prozeßlösung und einer Rotationsgeschwindigkeit (V) des Substrats.
2. Substratwaschvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ultraschalloszillator (23) so angeordnet ist, daß er während des Betriebs im wesentlichen einen Radius des Substrats abdeckt und sich nicht über das Zentrum der Rotation des Substrats erstreckt.
3. Substratwaschvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Halter (22) zum Halten des Ultraschalloszillators (23) vorgesehen ist und daß der Auslaß (28) für die Lösung in dem Halter (22) offen und unmittelbar benachbart zum Ultraschalloszillator (23) angeordnet ist.
4. Substratwaschvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb zur relativen Verstellung einen Antriebsmechanismus (34) zur Bewegung des Halters in einer X-Y-Ebene und einen Hebemechanismus (31) zur Bewegung des Halters in einer Richtung einer Z-Achse aufweist, um so den Auslaß (28) für die Lösung im wesentlichen unmittelbar oberhalb des Rotationszentrums des Substrats anzuordnen.
5. Substratwaschvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (35) den Antrieb (31) für die relative Verstellung so einstellt, daß der Spalt (G) in einem Bereich zwischen 0,5 und 5,0 mm liegt.
6. Substratwaschvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuführungseinrichtung (20) für die Prozeßlösung durch die Steuerung (35) so einstellbar ist, daß die Zuführrate (Q) der Prozeßlösung in einem Bereich zwischen 0,2 und 2,0 l/min liegt.
7. Substratwaschvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehhalter (10) durch die Steuereinrichtung (35) so einstellbar ist, daß die Rotationsgeschwindigkeit (V) des Substrats in einem Be-

reich zwischen 40 und 180 UpM liegt.

8. Substratwaschvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuführungseinrichtung (20) für die Prozeßlösung einen ersten Auslaß (25, 28) für die Aufbringung einer chemischen Lösung und einen zweiten Auslaß (27, 28) für die Aufbringung einer Spüllösung aufweist.

9. Substratwaschvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Ultraschalloszillator (23) für eine Ultraschalloszillation in einem Frequenzbereich zwischen 400 kHz und 2 MHz eingerichtet ist.

10. Verfahren zum Waschen eines Substrats, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

a) Halten eines Substrats und Drehen des Substrats um eine Achse senkrecht zur Waschoberfläche des Substrats

b) Zuführung einer Prozeßlösung zum rotierenden Substrat zur Ausbildung eines Films der Prozeßlösung auf der Waschoberfläche des Substrats

c) Anordnung eines Ultraschalloszillators, der sich im wesentlichen über einen Radius des Substrats erstreckt, so daß er nicht in Kontakt mit dem Substrat aber in Kontakt mit dem Film der Prozeßlösung zur Applikation einer Ultraschallvibration auf den Film der Prozeßlösung kommt und

d) Einstellung eines optimierten Zusammenhangs zwischen einem Spalt (G) zwischen dem Ultraschalloszillator (23) und dem Substrat, einer Zuführmenge (Q) der Prozeßlösung und einer Rotationsgeschwindigkeit (V) des Substrats.

11. Substratwaschverfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Spalt (G) zwischen dem Ultraschalloszillator (23) und dem Substrat so eingestellt wird, daß er in einen Bereich zwischen 0,5 und 5,0 mm fällt.

12. Substratwaschverfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuführrate (Q) der Prozeßlösung in dem Schritt (d) so eingestellt wird, daß sie in einen Bereich zwischen 0,2 und 2,0 l/min fällt.

13. Substratwaschverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Rotationsgeschwindigkeit (V) des Substrats im Schritt d) so eingestellt wird, daß sie in einem Bereich zwischen 40 und 180 UpM fällt.

14. Substratwaschverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Ultraschalloszillator (23) in dem Schritt c) so angeordnet wird, daß er sich nicht über das Rotationszentrum des Substrats erstreckt.

15. Substratwaschverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Ultraschalloszillator (23) mit einer Ultraschallfrequenz im Bereich zwischen 400 kHz und 2 MHz betrieben wird.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

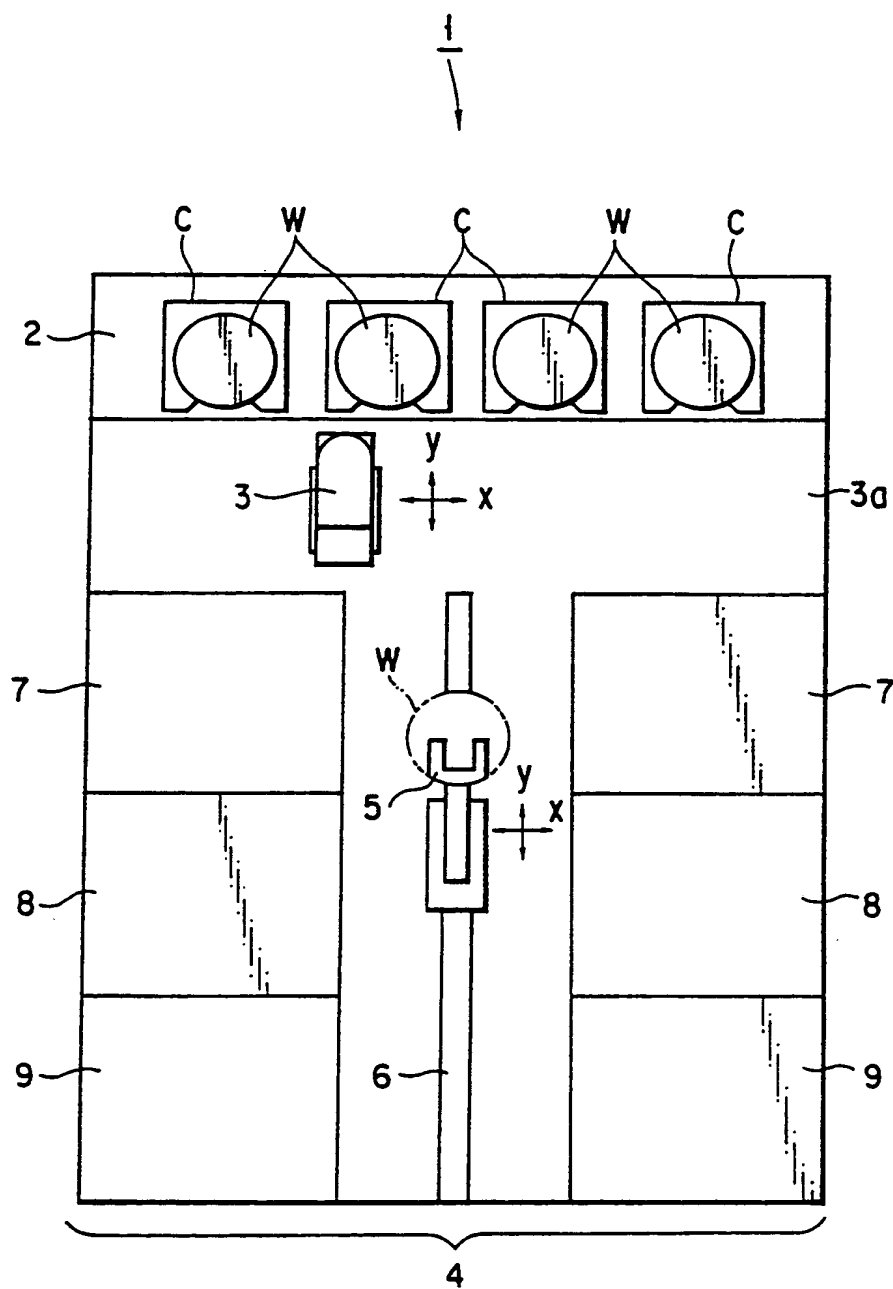


Fig. 1

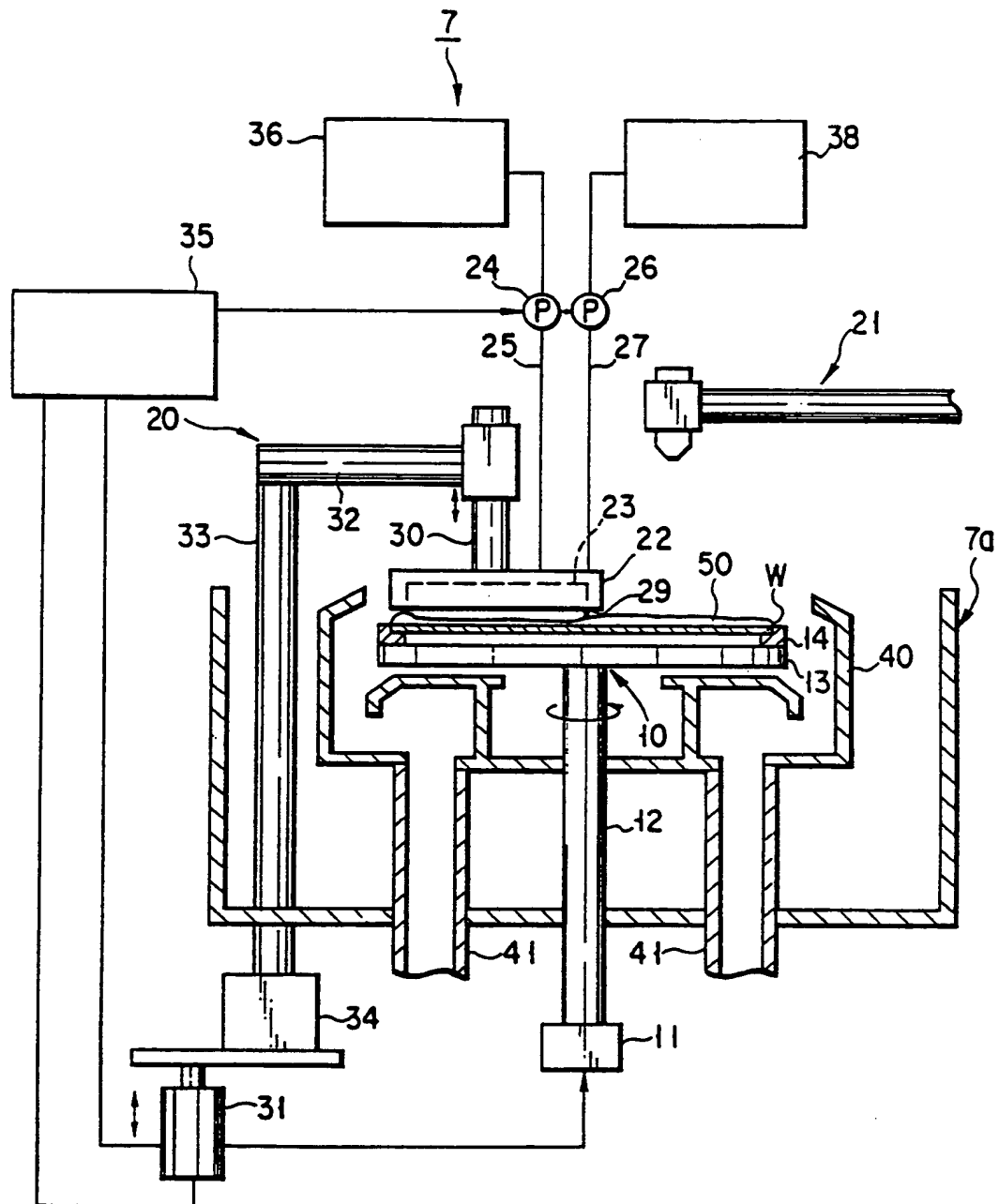


Fig. 2

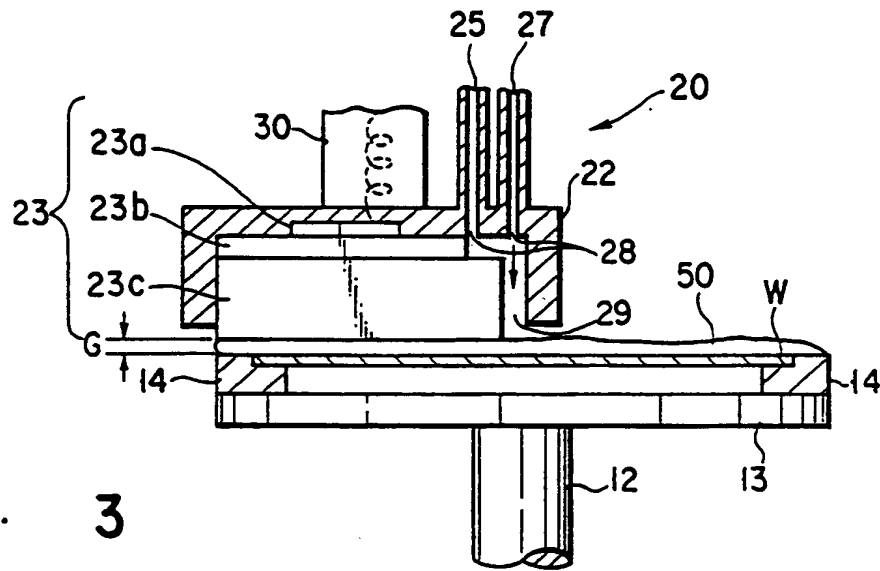


Fig. 3

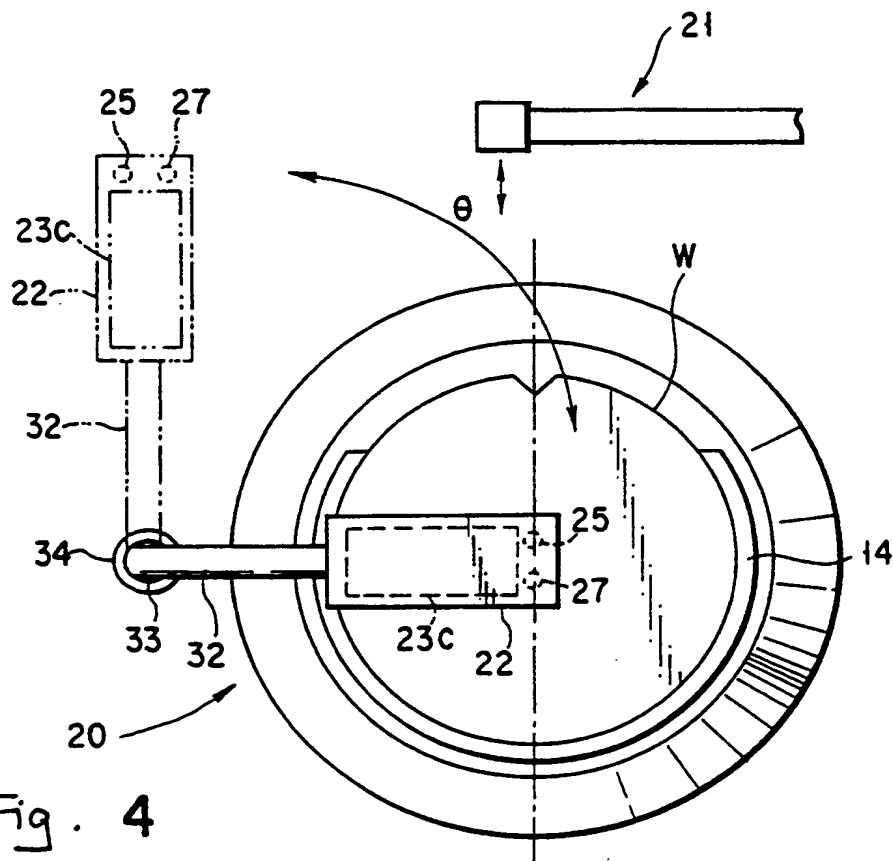


Fig. 4

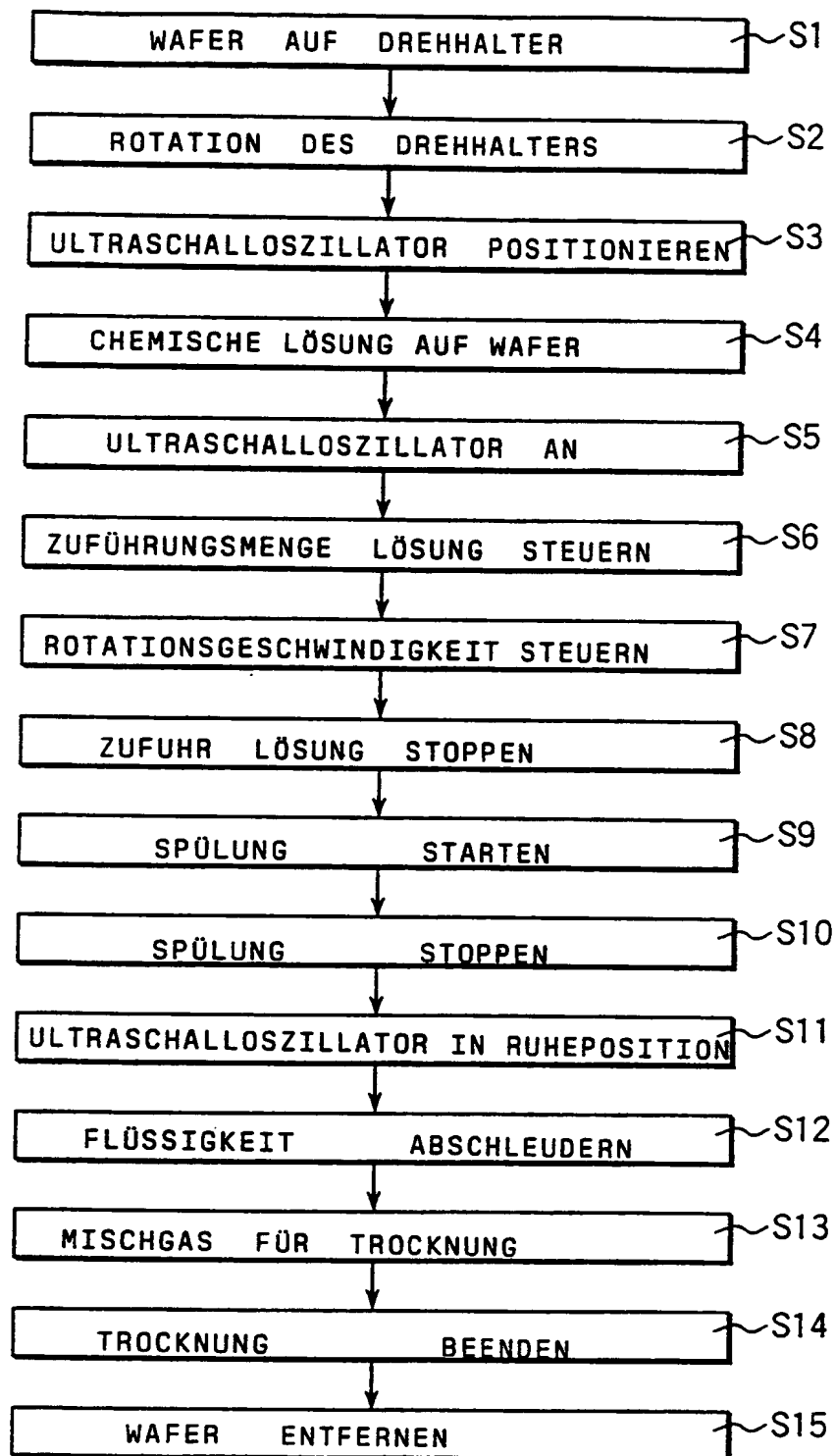


Fig. 5

